

Toleranzanalysen mit **CETOL6** anhand von 3D-modelbasierenden Geometriebeschreibungen

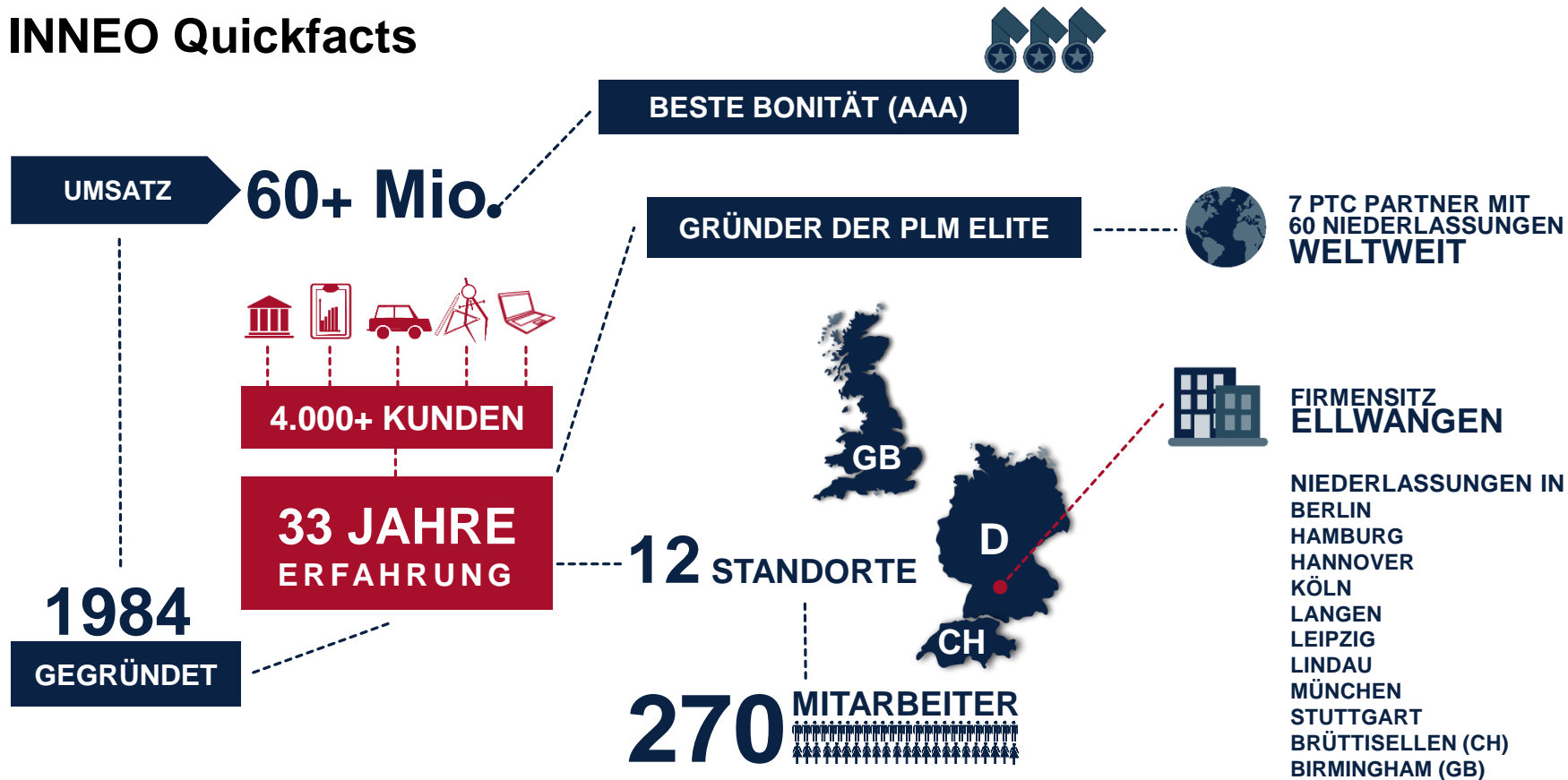
Unter Verwendung der GPS-Strategie
DIN EN ISO 14638 und DIN EN ISO 8015

Christoph Bruns

© INNEO Solutions GmbH

INNEO [®]
That's IT.

INNEO Quickfacts



Gliederung:

- Digitalisierung – Produktentwicklung im Wandel?
- Der Konflikt in der Toleranzvergabe
- Lösungsansatz mit GPS
- Kurzer Überblick zum Stand der Normen
- GPS umsetzen in Creo 4
- Nutzen der GPS-Informationen für die Toleranzsimulation
- Unterschied „Handrechnung“ (z. B. MS-EXCEL) zu CAD-gestützten Rechnungen

Ziel:

Aufzeigen den Nutzens der GPS-Strategie für die CAD-gestützte Toleranzsimulation mit **CETOL6**

Digitalisierung – Produktentwicklung im Wandel?

- Digitalisierung findet schon seit langem statt (z. B. Tonträger, Filme, Bilder, CAD, CAE,...)
- Industrie 4.0 setzt dies nur konsequent weiter fort mit 4 Grundprinzipien:

1. Vernetzung

(Maschinen, Sensoren, Menschen z.B. über IOT)

2. Informationstransparenz

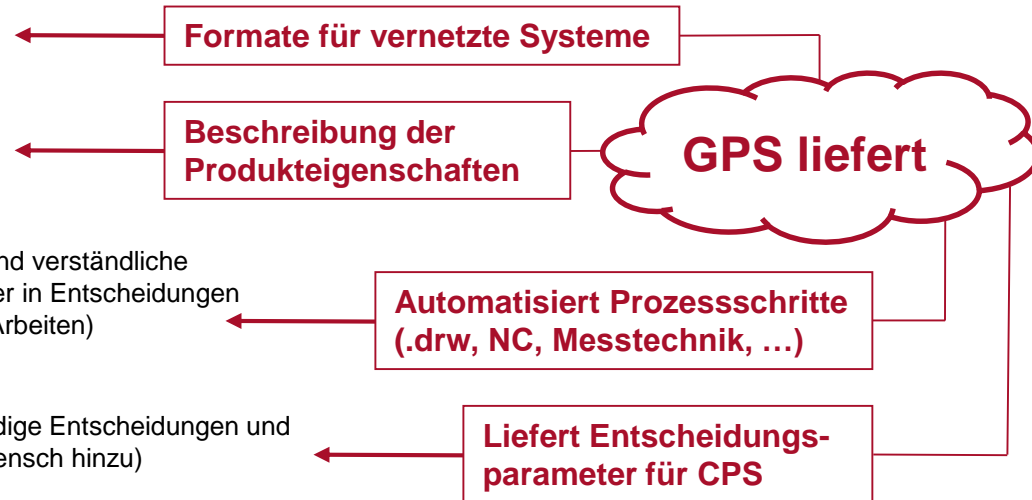
(digitales Abbild der realen Welt)

3. Technische Assistenz

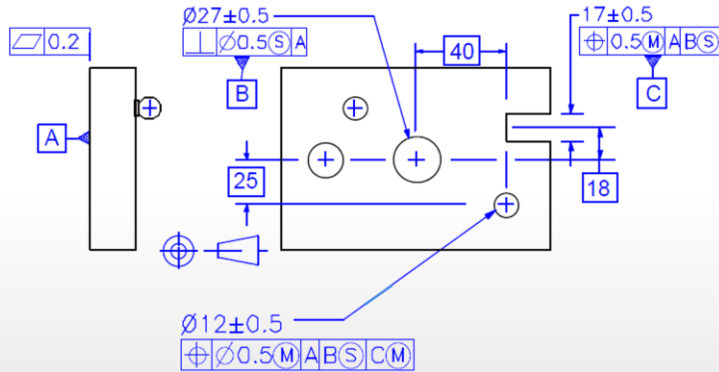
(Assistenzsysteme liefern aggregierte, visualisierte und verständliche Informationen für die Menschen und vermeiden Fehler in Entscheidungen und erleichtern aufwendige/gefährliche Abläufe und Arbeiten)

4. Dezentrale Entscheidungen

(Cyber-physische Systeme (CPS) treffen eigenständige Entscheidungen und ziehen in Konfliktfällen höhere Instanzen oder den Mensch hinzu)

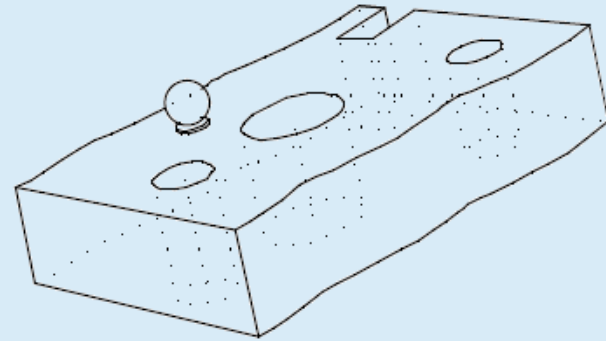


Einleitung: Der Konflikt ist nicht neu



Imperfekte Geometriebeschreibung:

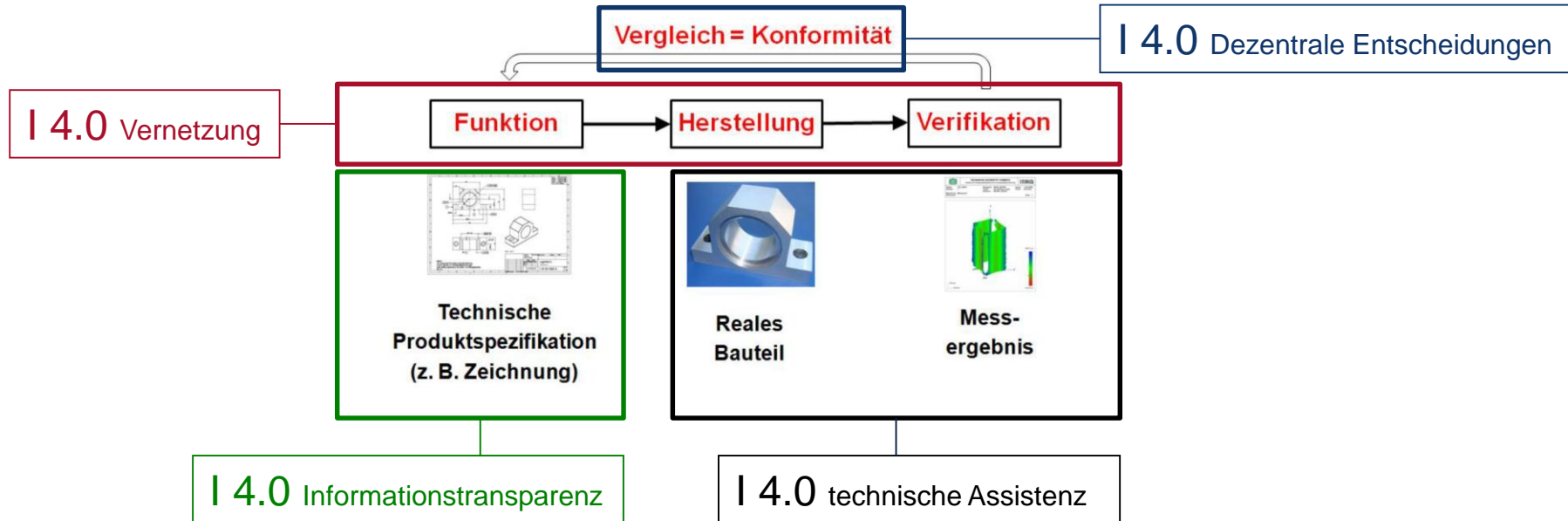
- Mehrdeutige „Bemaßungen“
- Unvollständige „Bemaßungen“
- Mehrere Zeichnungsstände
(Fertigungszeichnung, Funktionszeichnung, Prüfpläne)



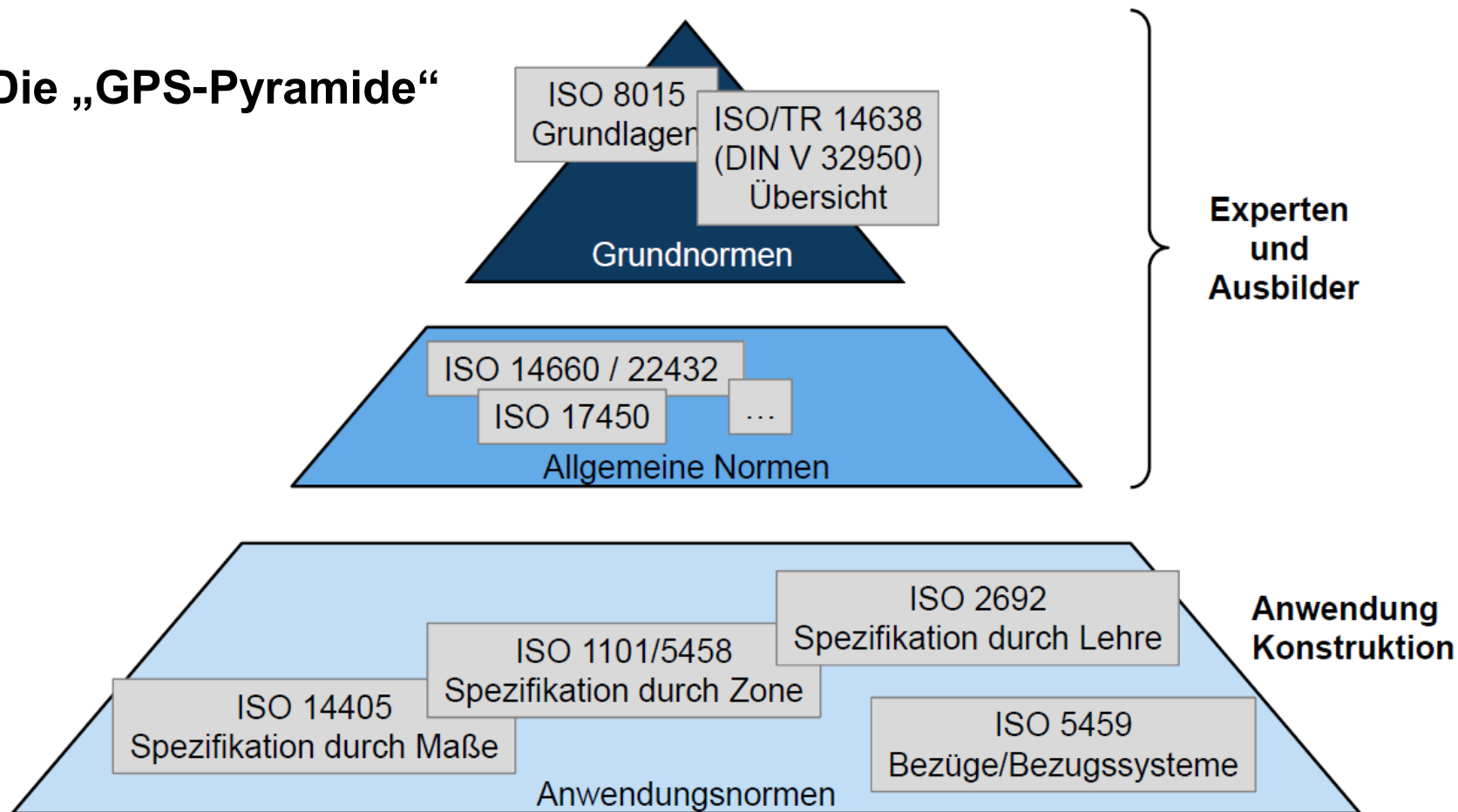
Imperfekte Geometrie:

- Ungenügende Prozessfähigkeit
- Nicht festgelegte Fertigungsgenauigkeit
- Abweichungen über der Zeit gemessen (SPC)
- Messtechnik ausreichend definiert?

Lösungsansatz über GPS (ISO 14638) festgelegt um:



Die „GPS-Pyramide“



Die „GPS-Matrix“: Beispiel DIN EN ISO 1101

	Kettenglieder						
	A	B	C	D	E	F	G
	Symbole und Angaben	Anforderungen an Geometrieelemente	Merkmale von Geometrieelementen	Übereinstimmung und Nicht-Übereinstimmung	Messung	Messgeräte	Kalibrierung
Größenmaß	ISO 14405-1	ISO 14405-1	ISO 286-1	ISO/TR 16015	ISO 1938-1	ISO 463	ISO/TS 15530-3
	ISO 286-1	ISO 286-1	Reihe ISO/TS 16610	Reihe ISO 14253		ISO 13385-1	ISO/TS 15530-4
		ISO 286-2	ISO 14405-1			ISO 13385-2	ISO/TR 16015
						ISO 3650	Reihe ISO/TS 16610
						ISO/TR 16015	Reihe ISO 14253
						ISO/TS 23165	
						Reihe ISO 14253	
						Reihe ISO 10360	

Matrix allgemeiner GPS-Normen						
Kettengliedernummer	1	2	3	4	5	6
Größenmaß						
Abstand						
Radius						
Winkel						
Form einer bezugsunabhängigen Linie						
Form einer bezugsabhängigen Linie						
Form einer bezugsunabhängigen Oberfläche						
Form einer bezugsabhängigen Oberfläche						
Richtung						
Ort						
Rundlauf						
Gesamtlauf						
Bezüge						
Rauheitsprofil						
Primärprofil						
Welligkeitsprofil						
Oberflächenunvollkommenheit						
Kanten						

Konstruktion

Fertigung

Messen

Fertigung

1. Zeichnungsangaben
2. Definition der Toleranzen
3. Definition der Eigenschaften
4. Ermittlung der Abweichungen
5. Anforderungen an Messeinrichtungen
6. Kalibrieranforderungen

Motivation: **Erleichterung der GPS-Prozessimplementierung** (mit neuen Creo-Funktionen)

GPS sieht vor das:


- Die Geometrie im 3D-Modell beschrieben wird
- Alle Eigenschaften des Produktes im 3D-Modell hinterlegt sind
- Diese Beschreibung eindeutig für jeden Betrachter sind

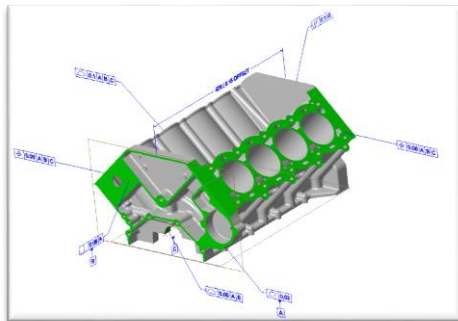
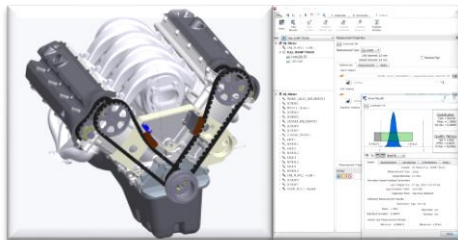
Vorteil:

- PMI (Product & Manufacturing Information) im 3D übertragbar & standardisiert
- Direkt verwendbar in Fertigungsprozessen und auf Messmaschinen

Umsetzung von GPS in Creo:

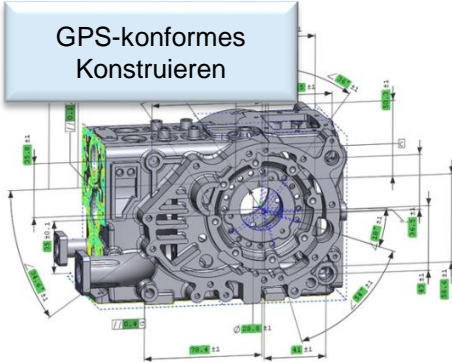
Ansatz:

- Creo kann 3D-Anmerkungen im Modell erzeugen (PMI)
- Creo 4 kann mit dem neuen Zusatzmodul GD&T Advisor GPS-konform Form- und Lagetoleranzen automatisch erzeugen / prüfen
- Diese sind in Fertigungs- und Messmaschinen lesbar
- Fast alle neuen Neutralformate unterstützen diesen Ansatz (z. B. Step 242, Creo View, JT, 3D-PDF...)
- **CETOL6**  kann diese Informationen ähnlich wie eine Messmaschine inkl. des funktionalen Zusammenbaus verarbeiten.



Beispiel für GPS und Maschinenlesbarkeit

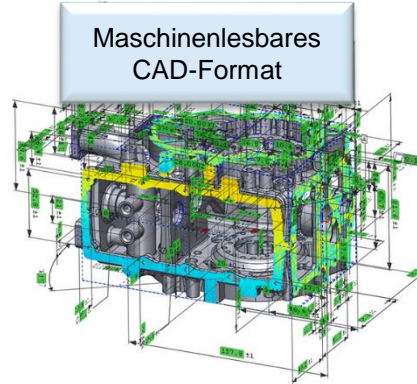
GPS-konformes Konstruieren



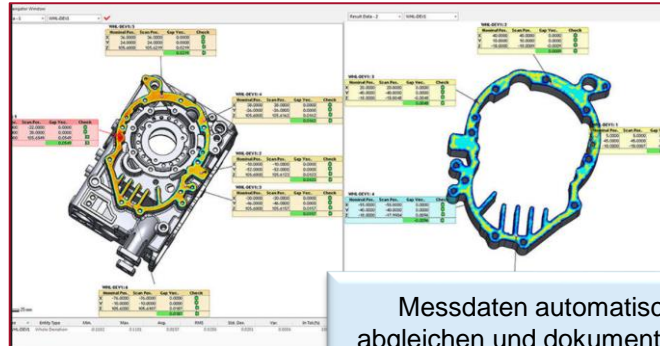
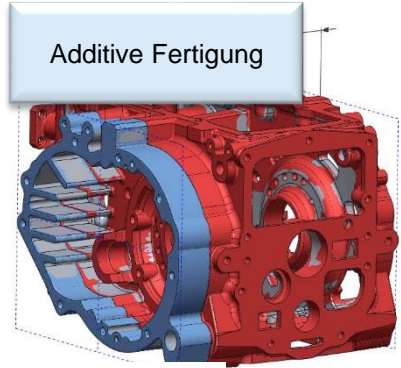
Zeichnungsableitung nicht nötig



Maschinenlesbares CAD-Format



Additive Fertigung



Messdaten automatisch abgleichen und dokumentieren

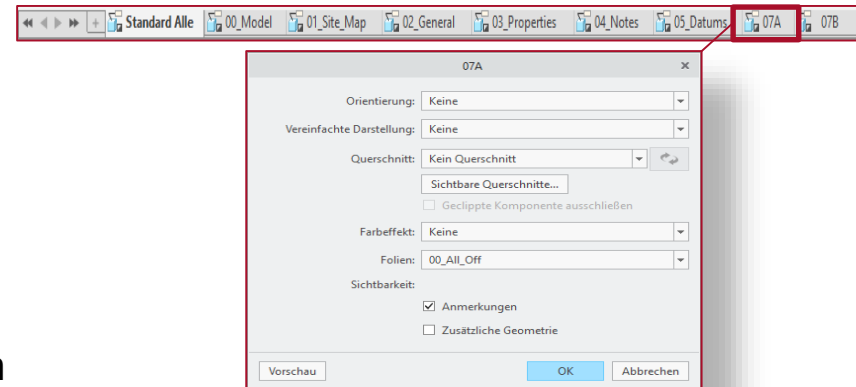
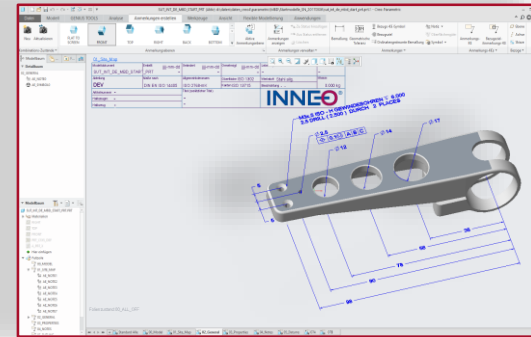


Messdaten erfassen

Umsetzung von GPS in Creo:

Wichtig für die Umsetzung:

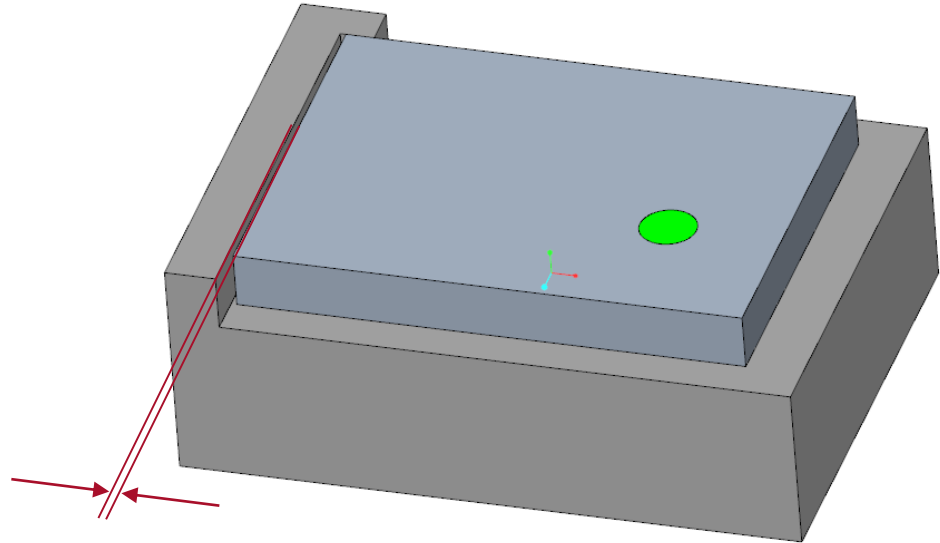
- Klar strukturiertes „GPS-Konzept“ für eigene Prozesse erarbeiten
- Folientechnik anpassen
- Kombinierte Zustände standardisieren
- Startteile, Startbaugruppen, Startzeichnungen, Parameter, ... anpassen
- Ausbildung der Mitarbeiter in GPS
- Ausbildung der CAD-Anwender in der Erstellung von 3D-Anmerkungen
- Einhaltung dieser Arbeitsrichtlinien
- Vieles lässt sich bei „alten Teilen“ automatisch auf dieses Konzept nachziehen -> **Model Prozessor**



Vorteile von GPS in Creo: Ein einfaches Beispiel einer Toleranzsimulation

Vergleich der Ansätze :

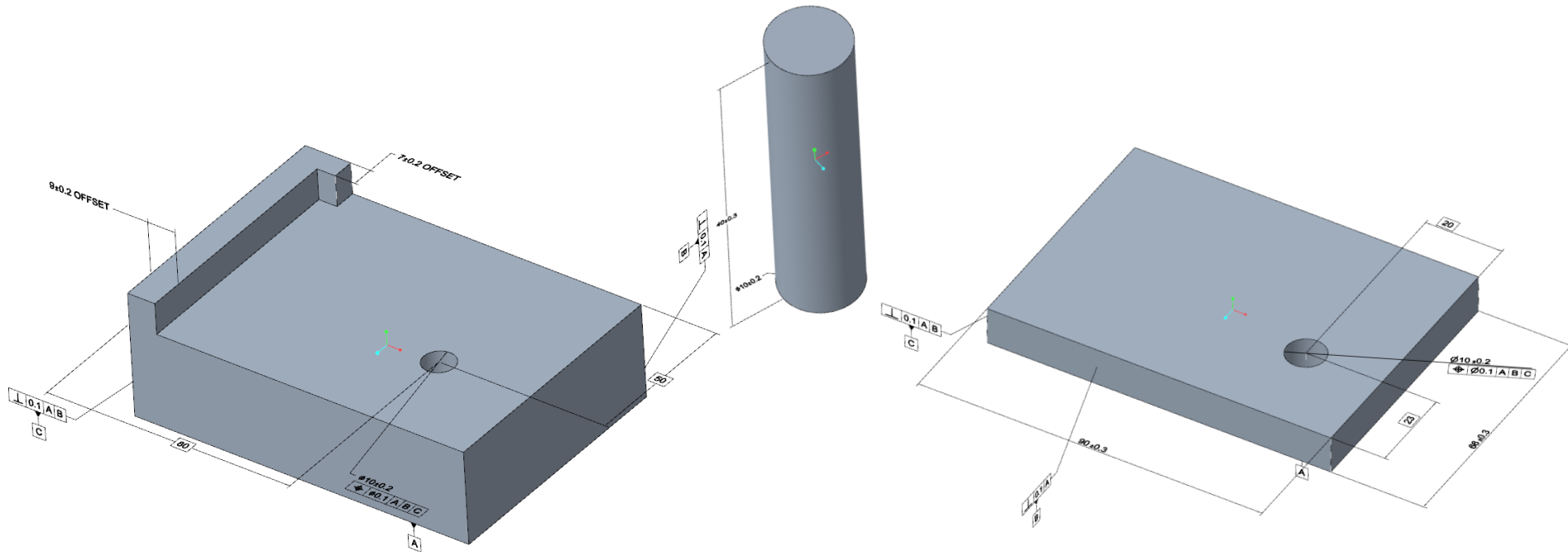
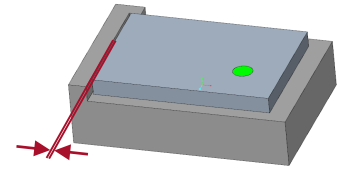
- Handrechnung
- Creo Tolerance Extension
- **CETOL6**™



Wie groß ist die Variation des Spalts?

Vorteile von GPS in Creo: Ein einfaches Beispiel einer Toleranzsimulation

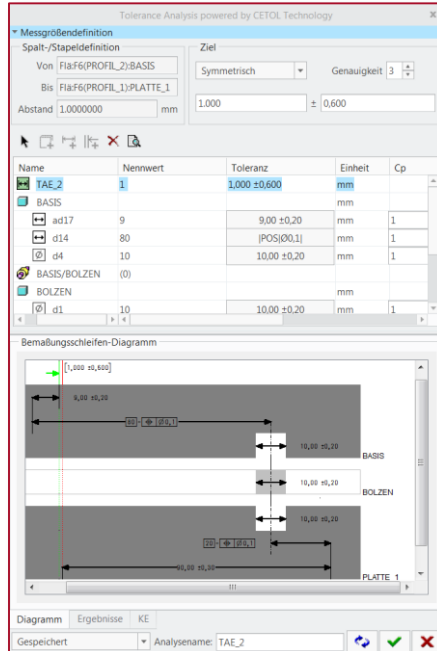
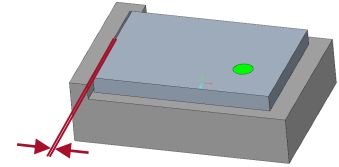
Die notwendige Bemaßung der Toleranzkette in GPS :



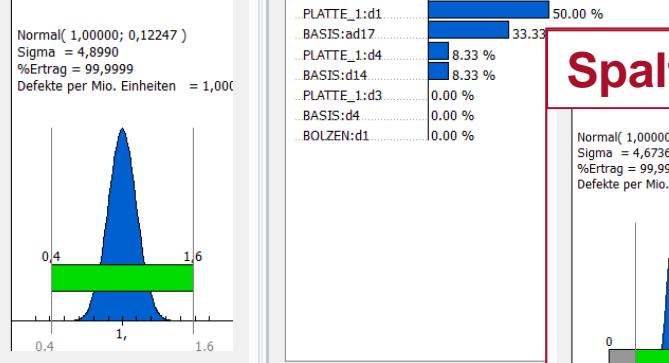
Vorteile von GPS in Creo:

Ein einfaches Beispiel einer Toleranzsimulation

Tolerance Analyse Extension (TAE):

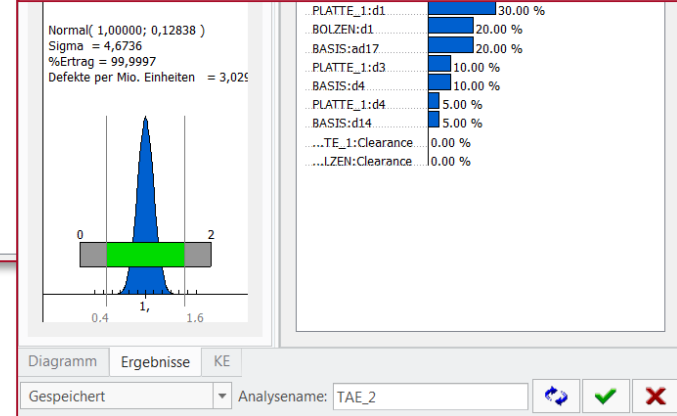


Spaltmaß = $1 \pm 0,6$ mm



Ohne Passungsspiel am Bolzen

Spaltmaß = 1 ± 1 mm

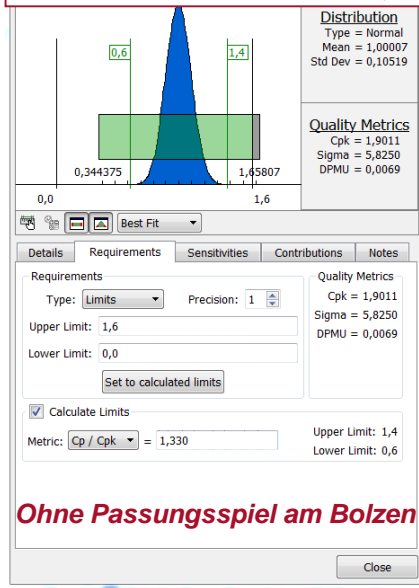


Mit Passungsspiel am Bolzen

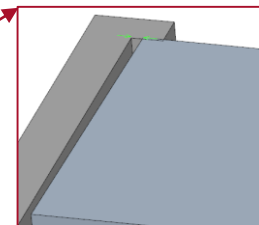
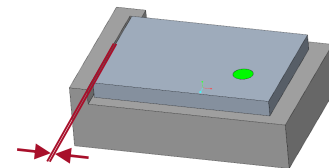
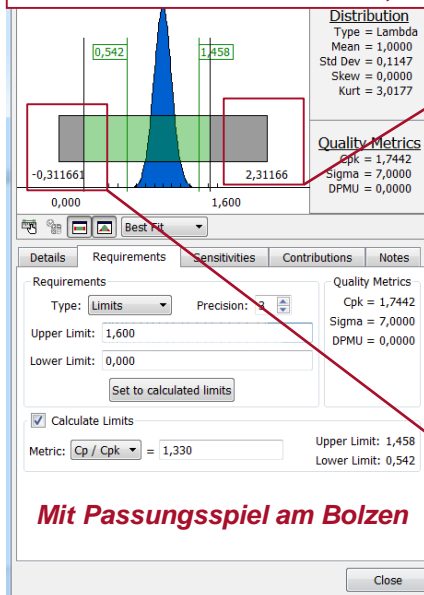
Vorteile von GPS in Creo: Ein einfaches Beispiel einer Toleranzsimulation

CETOL6  :

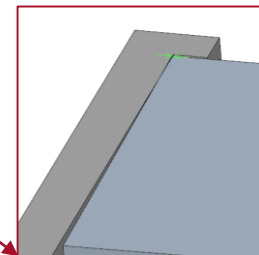
Spaltmaß = $1 \pm \begin{smallmatrix} 0,658 \\ 0,656 \end{smallmatrix}$ mm



Spaltmaß = $1 \pm \begin{smallmatrix} 1,31 \\ 1,31 \end{smallmatrix}$ mm





**Spaltmaß in
Maximalstellung**



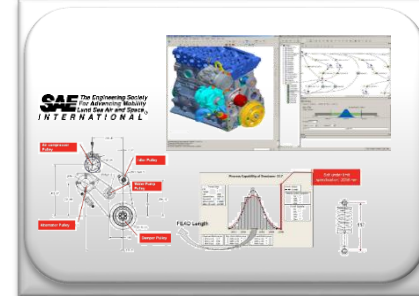
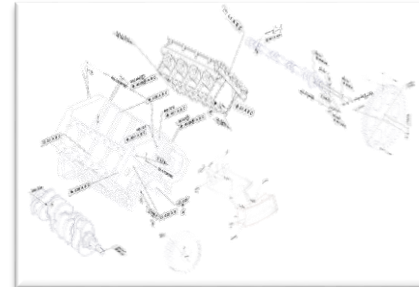
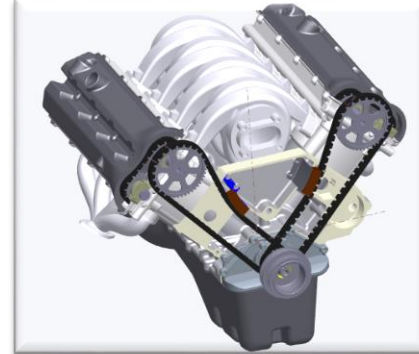
**Spaltmaß in
Minimalstellung**

Vorteile von GPS in Creo: Vergleich der Ansätze

	CETOL6 	Creo TAE powered by CETOL6 	Handrechnung (MS-XLS)
GPS-konforme CAD-Integration	Creo, SWX, CATIA, NX, ...	Creo	x
1D	✓	✓	✓
2D	✓	x	x (nur mit erheblichen Aufwand)
3D	✓	x	x
Maßkettenprüfung (Vollständigkeit, Eindeutigkeit)	✓	✓	x
Worst Case	✓	✓	✓
Statistik	✓	✓	nur mit erheblichen Aufwand
Funktionale Zusammenbaukinematik in .ASM	✓	✓	x
Beitragsleister	✓	✓	x
Sensitivität	✓	✓	x
Animation der Ergebnisse	✓		x
Prozessdaten (cp, cpk, Std-Dev., Verteilungsformen)	Cpk, cp, Std-Dev, Lambda-, Rechtecks-, Normalverteilung	nur cp	x
Automatische Dokumentation	versch. Vorlagen	ein Format	x

Zusammenfassung Vorteile der GPS-Strategie:

- GPS bringt alle notwendigen Informationen normgerecht an die 3D-Geometrie
- Fasst alle Fertigungs- und Qualitätsvorgaben übersichtlich zusammen
- Erleichtert die Erstellung von Zeichnungen
- Ist maschinenlesbar
- Creo unterstützt eine normkonforme Erstellung dieser Angaben in 3D-Notizen mit dem GD&T Advisor
- **CETOL6** ✓ kann diese Angaben direkt verarbeiten
- **CETOL6** ✓ ermittelt die Funktionalität, die Qualität und Prozessfähigkeit von Produkten am digitalen Prototypen
- GPS und **CETOL6** ✓ sparen Zeit und Kosten im Entwicklungsprozess





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!